

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-206613

(43)Date of publication of application : 10.09.1991

(51)Int.Cl.

H01L 21/302

(21)Application number : 02-001921

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 09.01.1990

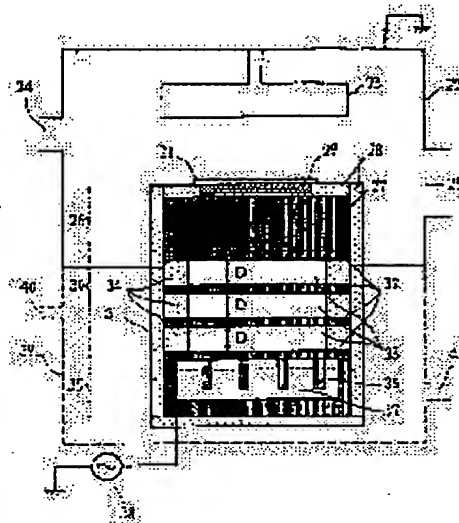
(72)Inventor : NAKAMURA MORITAKA

## (54) LOW TEMPERATURE DRY ETCHING APPARATUS

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To obtain an apparatus having a wire control range, a high control accuracy and an excellent thermal efficiency by installing a heat transfer unit between an electrode for placing a wafer and a cold storage unit, and varying the pressure of gas to be supplied to a gap between a plurality of thermal conductors of the transfer unit to control thermal conductive characteristic.

**CONSTITUTION:** A wafer 21 is placed on the electrode 27 of an electrode unit 26 in an etching chamber 22 through an electrostatic chuck 29, and dry etched at a low temperature. A heat transfer unit 30 having a plurality of heat transfer elements 32 spaced at a gap 33 of a distance D is installed between the unit 26 and a cold storage unit 35 having a fin 36 dipped in liquid nitrogen 37. When the pressure of gas filled in the gap 33 is varied, thermal conductive characteristic between the electrode 27 and the unit 35 is freely controlled to provide a low temperature dry etching apparatus having an electrode temperature control mechanism which has a wide control range, a high control accuracy and an excellent thermal efficiency.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-206613

⑮ Int. Cl.<sup>3</sup>

H 01 L 21/302

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成3年(1991)9月10日

B  
C

8122-5F  
8122-5F

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 低温ドライエッチング装置

⑯ 特 願 平2-1921

⑰ 出 願 平2(1990)1月9日

⑱ 発 明 者 中 村 守 孝 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社  
内

⑲ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑳ 代 理 人 弁理士 井 桁 貞一

明 細 書

1. 発明の名称

低温ドライエッチング装置

2. 特許請求の範囲

ウエハを載置する電極と冷却された蓄冷体との間に伝熱体を有し、

該伝熱体は相互に熱的に絶縁され且つ間隙を持つ複数の導熱体からなり、少なくとも2個の導熱体はそれぞれ電極と蓄冷体に熱的に接続され、該間隙の中にガスを満たし、ガス圧力を変化させることにより電極と蓄冷体間の熱伝導特性を制御できるように構成されていることを特徴とする低温ドライエッチング装置。

3. 発明の詳細な説明

(概要)

半導体装置の製造工程等に用いる低温ドライエッチング装置に関し、

温度の制御範囲が広く、制御精度が高く、熱効

率の良い電極温度制御機構を備えた実用的な低温ドライエッチング装置を得ることを目的とし、

ウエハを載置する電極と冷却された蓄冷体との間に伝熱体を有し、該伝熱体は相互に熱的に絶縁され且つ間隙を持つ複数の導熱体からなり、少なくとも2個の導熱体はそれぞれ電極と蓄冷体に熱的に接続され、該間隙の中にガスを満たし、ガス圧力を変化させることにより電極と蓄冷体間の熱伝導特性を制御できるように構成する。

(産業上の利用分野)

本発明は半導体装置の製造工程等に用いる低温ドライエッチング装置に関する。

(従来の技術)

半導体装置の高集積化、高速化にともない、デバイスのパターンが微細化するとともに、デバイス構造を3次元化するために、エッチング精度に対する要求は厳しくなっている。

例えば、ゲートの導電性材料のエッチングにお

いては、異方性エッチングによるパターン幅の精密な制御と、下地酸化膜に対する高い選択比との両者を同時に満たす必要が生じた。

この理由は次のようである。

- (1) 下地のゲート酸化膜が薄くなっている。
- (2) スタックキャパシタ構造等のように大きな段差を持つ基板上でパターンニングするため、場所によっては膜厚差が大きく長時間のオーバエッチングが必要になる。

又、珪素(Si)基板のトレンチエッチングでは、アスペクト比(エッチング深さ/エッチング幅)が10以上と大きくなるため、より方向性のよいエッチング方法が求められている。

エッチングの断面形状についても、寸法シフトのないマスクパターン幅とおりの完全垂直エッチングや、テーパ角度の制御性の高いテーパエッチングが要求されている。

このような、異方性と選択性を併せ持つドライエッチング方法として反応性イオンエッチング(Reactive Ion Etching, RIE)やECR(Electron

Cyclotron Resonance)プラズマエッチングにおいて、ウエハ温度を低温に冷却することにより異方性エッチングを実現する、いわゆる低温ドライエッチング法がある。

低温により異方性エッチングが得られる理由は次のようである。

- (1) 側壁での中性反応種の反応確率が下がる。
- (2) 反応生成物の側壁への堆積により側壁が保護される。

低温エッチング法では、従来のRIEのように異方性を得るために、パターンの側壁にカーボンポリマを堆積させて側壁を保護する必要がないので、カーボン不純物を減らしカーボンによる下地酸化膜のエッチング支援効果をなくし、高い選択比と異方性を同時に実現することができる。

この際、低温エッチング法ではエッチング中のウエハ温度を精密に制御することが重要である。

これは、温度が高いと十分な異方性が得られず、又低すぎても十分なエッチングレートが得られないためである。

(発明が解決しようとする課題)

上記の公報に開示された技術は次のような問題があった。

(1)については温度制御範囲が狭いという欠点があった。例えば、液体窒素を用いたヒートパイプの場合の温度制御範囲は $-203 \sim -160^{\circ}\text{C}$ と低過ぎて実用的でなかった。

(2)については、冷却と加熱を同時に行うため熱効率が悪く、液体窒素の消費量が非常に大きいという欠点があった。

(3)については、熱効率は(2)より若干良いが、液面の高さ変化による冷却特性の変化範囲が狭いため、広い温度範囲で高精度の温度制御をするにはヒータ加熱を併用する必要があり、やはり液体窒素の消費量が大きくなった。

本発明は温度の制御範囲が広く、制御精度が高く、熱効率の良い電極温度制御機構を備えた実用的な低温ドライエッチング装置を得ることを目的とする。

なお、最適なウエハ温度は、被エッチング材料、エッチングガス種によって異なるが、高いエッチングレートを得ることができるSF<sub>6</sub>等の弗素系ガスを単結晶Siや多結晶Siのエッチングを行う場合は、 $-100^{\circ}\text{C}$ 以下に被エッチング材料を冷却する必要がある。

この場合の冷却方法及び低温エッチング装置については特開昭60-158627(田地他)、特開昭63-115338(辻本他)、特開昭63-291423(金友他)等が開示されている。

(1) 特開昭60-158627(田地他)では、冷却装置としてヒートパイプを用いている。

(2) 特開昭63-115338(辻本他)では、液体窒素による冷却と、電熱ヒータによる加熱を併用することにより、電極温度(被エッチング基板温度)を $0 \sim -150^{\circ}\text{C}$ に制御している。

(3) 特開昭63-291423(金友他)では、液体窒素の液面の高さを変化させることにより、冷却特性を変えて電極温度を制御している。

## 〔課題を解決するための手段〕

上記課題の解決は、ウエハを載置する電極と冷却された蓄冷体との間に伝熱体を有し、該伝熱体は相互に熱的に絶縁され且つ間隙を持つ複数の導熱体からなり、少なくとも2個の導熱体はそれぞれ電極と蓄冷体に熱的に接続され、該間隙の中にガスを満たし、ガス圧力を変化させることにより電極と蓄冷体間の熱伝導特性を制御できるように構成されている低温ドライエッチング装置により達成される。

## 〔作用〕

本発明はウエハを載置する電極と液体窒素等で冷却された蓄冷体との間に、熱伝導特性を制御できる伝熱体を挿入することにより、熱効率の優れた温度制御を行うようにしたものである。

伝熱体は狭い間隙を持って重ねられた層状の熱の良導体からなり、間隙の中にガスを満たし、このガス圧力を変化させることにより、熱伝導特性を大きく変化させることができる。従ってプラス

と表せる。ここに、 $T$ はガスの温度、 $C$ は比例定数である。

即ち、熱伝導は温度勾配や間隔 $D$ には依存しないで、高温面と低温面の温度差 $(T_1 - T_2)$ とガス圧力 $p$ に比例する。

第4図に高温面と低温面の温度差 $(T_1 - T_2)$ を一定とした場合の、熱エネルギーの流れ $Q$ とガス圧力 $p$ の関係を示す。いま、ガス分子の平均自由行程 $\lambda$ が $D$ と同程度になる圧力を $p_0$ とすると、 $p_0$ 以下のガス圧力では、熱伝導する熱量は圧力 $p$ に比例する。

従って、伝熱体の間隙内のガス圧力を変化させることにより、熱伝導特性を制御できるので、低温エッチングにおいては、電極にプラズマから流入する熱と、伝熱体を通じて蓄冷体に流出する熱の平衡により、電極温度を制御できる。

ここで、流入熱量が小さい場合は従来例のようにヒータにより加熱してもよいが、本発明では実施例に示されるように、熱伝導の制御範囲が広いので、従来よりはるかに少ない加熱量で温度制御

マからの電極加熱量に変化しても、電極内に埋め込まれた温度センサにより電極温度をモニタしながら、ガス圧力を変化させて蓄冷体と電極間の熱伝導特性を変化させることにより、加熱と冷却を平衡させて、精度良く温度制御を行うことができる。

次に、上記の伝熱体の熱伝導特性を第3図を用いて説明する。

2枚の板1、2が間隔 $D$ において固定され、それぞれの温度が $T_1$ 、 $T_2$ とする( $T_1 > T_2$ )。板が磨いた金属のように低い放射率を持つ場合は、2枚の板の間の赤外線放射による熱伝導は無視できる。

板の間のガス圧を $p$ とし、ガス分子3の平均自由行程を $\lambda$ とすると、間隔 $D$ が小さく $D < \lambda$ の場合、即ち一方の板で跳ね返ったガス分子は他の分子と衝突しないでそのまま他方の板に達する場合は、熱伝導はガス分子の数と速度に依存するので、熱エネルギーの流れ $Q$ は、

$$Q = C p (T_1 - T_2) T^{-1/2}$$

が可能である。

従って、熱効率がよく、液体窒素の消費量が少ない低温エッチングが可能になる。

本発明のようにガス圧力を変化させて熱伝導特性を制御する場合に、熱伝導の制御範囲が広くなる理由は次の通りである。

狭い間隙に希薄気体を満たしたときの圧力変化による熱伝導の変化幅は2~3桁あるのに対し、液体窒素の液面を変えて導体の長さを変える場合は、短くした場合の導体の長さの精度が液面の高さによることから、せいぜい1桁しか変化させることができない。

## 〔実施例〕

第1図は本発明の実施例(I)による低温エッチング装置の断面図である。

低温に冷却できる電極以外は通常のRIE装置と同じである。

被エッチング基板であるウエハ21は電極27の上に置かれる。電極27は熱的にも電気的にも良導体

からなり、ウエハ載置領域以外は石英ガラス等の金属不純物を含まない熱伝導の悪い材料からなる電極カバー28で覆われている。

ウエハ21と電極27間の熱伝導をよくするため、ウエハ21は電極27上に設けられた静電チャック29により吸着される。

静電チャック29の構造は、電気的絶縁体の中に2つの電極が埋め込まれていて、両電極間に直流電圧を印加することにより、静電力によりウエハ21を吸着する。静電チャック29の絶縁体は、アルミナや窒化硼素を混入したシリコン樹脂か、アルミナセラミックのように電気的に絶縁体か又は  $10^8 \sim 10^{12} \Omega \text{cm}$  の電気抵抗を持つ材料で、熱伝導度の高いものがよい。

さらに、熱伝導をよくするには、ウエハ21と静電チャック29の間に2~20 TorrのHe等のガスを満たしてもよい。

又、静電チャック29でウエハを吸着する代わりに、機械的にウエハを電極に押しつける機構を用いてもよい。

範囲を小さい方にずらすことができる。

即ち、同じ条件で

間隙が2つでは  $0.00050 \sim 0.25 \text{ W cm}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 、

間隙が3つでは  $0.00033 \sim 0.17 \text{ W cm}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

の範囲で制御することができる。

蓄冷体部35は、内部に液体窒素37等の冷却液体を溜めることができる構造で、金属等の熱導体からなり、内部の液体との熱伝導をよくするために複数のフィン36が設けられている。図示していないが、冷却液体の供給口と熱により気化したガスの排出口が設けられている。

伝熱体部30と蓄冷体部35は、熱絶縁のためグラスウール等からなる熱シールド31で覆われる。さらに、全体にカバー39を設けて、バージガス入口40から乾燥空気または乾燥窒素を入れバージガス排気口41より排出することにより結露を防いでいる。

なお、図中23は平行平板型エッチング装置の対向電極、24は反応ガス入口、25は反応ガス排気口、38は高周波(rf)電源である。

電極部26は伝熱体部30を介して、液体窒素で冷却された蓄冷体部35に熱的に接続されている。

伝熱体部30は、テフロンのような熱の不良導体からなるスペーサ34により間隙33を持って重ねられた熱導体32からなる。

熱導体32は表面を研磨したアルミニウム合金のような熱伝導のよい金属を用いる。

間隙33は図示しないがガスの供給及び排気装置に接続され、間隙33内のガス圧力を測定しながら制御できるようになっている。

実測の結果、間隙33の間隔Dを  $5 \sim 100 \mu\text{m}$ 、ガスをHe、ガス圧力を  $0 \sim 200 \text{ Torr}$  に制御することにより、熱伝導度を1つの間隙につき、  $0.001 \sim 0.5 \text{ W cm}^{-2} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  の範囲で制御することができた。

上記の値は間隔、ガス圧を変化させ、rf電極に印加した電力を変えたときのウエハ温度、蓄冷体部温度の実測から求めた。

電極を加熱するプラズマのパワーが小さい場合は、間隙の数を増やすことでさらに熱伝導度制御

ここで、rf電源38の出力は、通常行われるように電極27に直接接続しても、又は図示のように蓄冷体部35に接続してもよい。後者の場合は伝熱体部30の狭い間隙33が大きい静電容量を持つので、rf電力は間隙33を経て電極27に伝達される。

次に、実施例の装置を用いて実際のエッチングを行った際の、ウエハ温度の制御について説明する。

冷却液体として液体窒素を用い、ウエハ21を電極27上に載置し、エッチングチャンバ22にSF<sub>6</sub>を50 SCCM導入し、圧力を0.08 Torr、RFパワー  $0.66 \text{ W/cm}^2$  の条件でエッチングした。

温度の安定するエッチング開始2分後のウエハ温度を図示しない蛍光ファイバ温度計で測定したところ、第5図に示すように、間隙のHe圧力pを  $1 \sim 100 \text{ Torr}$  に変化させることにより、ウエハ温度は  $-30 \sim -150 \text{ } ^\circ\text{C}$  の範囲に制御することができた。

又、液体窒素の消費量は温度に依存しないで一定で  $10 \text{ l/時間}$  であった。

第2図は本発明の実施例(2)による低温エッチング装置の断面図である。

伝熱体部30以外は実施例(1)と同じ構造である。

この構造は間隙33が1つしかなく、熱導体32と間隙33が伝熱方向に平行で間隙の面積が大きいので実施例(1)より熱伝導がよい。

実施例(1)と同じ条件でエッチングして、ウエハ温度を測定したところ、第5図に示すように、間隙のHe圧力 $p$ を1~100 Torrに変化させることにより、ウエハ温度は-100~-160℃の範囲に制御することができた。

又、液体窒素の消費量は実施例(1)と同様に温度に依存しないで一定で10ℓ/時間であった。

次に、比較例として従来の冷却液面の調整による制御例を第6図を用いて説明する。

第6図は比較例の低温エッチング装置の断面図である。

実施例(1)から伝熱体部36を除いた構造で、蓄冷体部35の高さを高くしている。

蓄冷体部35の中の液体窒素の液面の高さ $H$ を増

加減することにより、フィン36に接続する電極と液体窒素間の熱伝導特性を変化させて電極の温度を変えるものである。

さらに、電極27内には加熱ヒータ50が埋め込まれている。

実施例(1)と同じ条件でエッチングして、ウエハ温度を測定したところ、第5図に示すように、液面の高さを1~20 cmに変化させることにより、ウエハ温度は-150~-170℃の範囲に制御することができた。

しかし、これでは温度の変化幅が小さいので、電極に内蔵した加熱ヒータ50に電流を流してウエハ温度を-20~-170℃の範囲に制御することができた。

この場合、液体窒素の消費量は温度に依存し、-100℃で30ℓ/時間、-50℃で50ℓ/時間と実施例(1)、(2)に比して大きい。

#### (発明の効果)

以上説明したように本発明によれば、温度の制

御範囲が広く、制御精度が高く、熱効率の良い電極温度制御機構を備えた実用的な低温ドライエッチング装置を得ることができた。

即ち、本発明により熱伝導特性を大きく変化させることができ、この結果、従来のようにヒータで加熱しなくても、加熱と冷却を平衡させて広い温度範囲にわたって精度よく温度制御を行うことができる。

又、ヒータにより加熱する場合でも、熱伝導の制御範囲が広いので、従来より遥かに少ない加熱量で温度制御が可能である。従って熱効率がよく、液体窒素の消費量が少ない低温エッチングが可能になった。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例(1)による低温エッチング装置の断面図。

第2図は本発明の実施例(2)による低温エッチング装置の断面図。

第3図は熱伝導特性のガス圧力依存の原理を説

明する図。

第4図は熱伝導特性のガス圧力依存を示す図。

第5図は実施例(1)、(2)及び比較例の温度制御特性を示す図。

第6図は比較例の低温エッチング装置の断面図である。

図において、

21はウエハ、

22はエッチングチャンバ、

23は対向電極、

24は反応ガス入口、

25は反応ガス排気口、

26は電極部、

27は電極、

28は電極カバー、

29は静電チャック、

30は伝熱体部、

31は熱シールド、

32は熱導体、

33は間隙、

34はスペーサ、

35は蓄冷体部、

36はフィン、

37は液体窒素、

38はrf電源、

39はカバー、

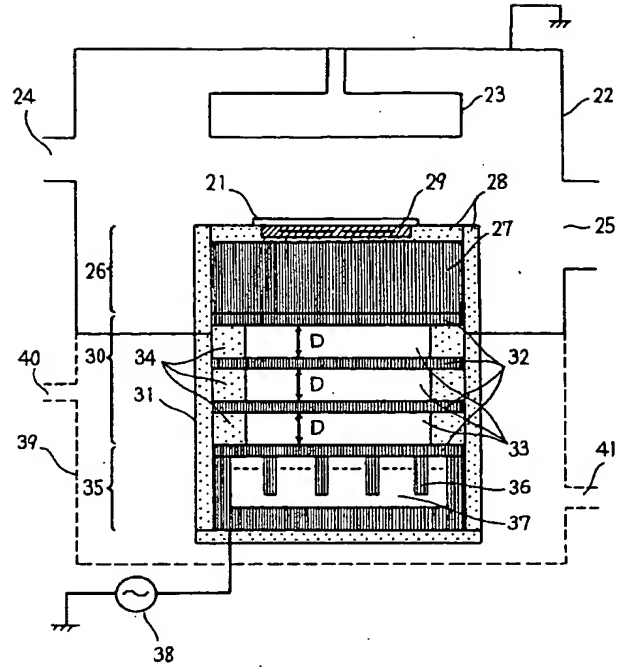
40はバージガス入口、

41はバージガス排気口、

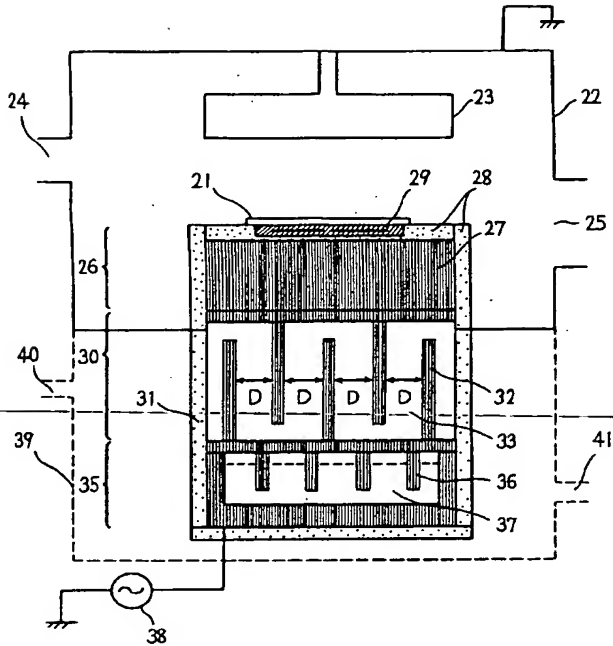
50は加熱ヒータ

である。

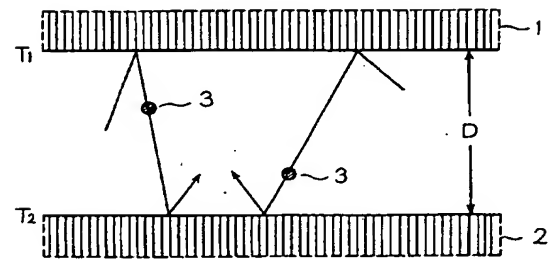
代理人 弁理士 井桁貞一



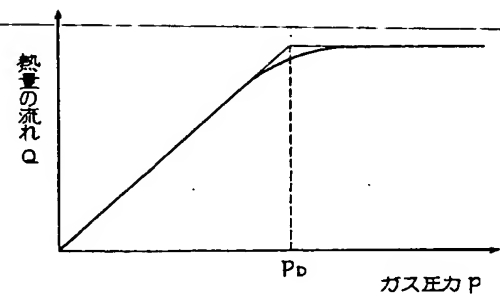
実施例 (1) の断面図  
第 1 図



実施例 (2) の断面図  
第 2 図



原理説明図  
第 3 図



熱伝導特性のガス圧力依存  
第 4 図

